電流分流式プリメインアンプの試作

横山英樹

音量調整ボリュームの問題点

一般的なオーディオアンプは，**図1**のように電圧出力型プリアンプと電圧入力型パワーアンプの間に，電圧分圧式のボリュームを挿入して音量調節を行っています．この方式では，パワーアンプから見た信号源インピーダンスは，ボリュームの位置によって変化し，ボリュームが中間点のときにインピーダンスが最大になります．ここに50kΩのボリュームを使用した場合では，12.5kΩの抵抗を持つことになり，10kΩのボリュームを使用した場合でも，2.5kΩの抵抗を持つことになります．この信号源抵抗はボリュームの位置によって変化し，また抵抗値が大きいと，パワーアンプの入力容量との間で積分回路が形成され，高域の周波数特性が劣化するため音質への悪影響があると考えられます．

本機のブロック構成

図2は今回試作した電流伝送式プリメインアンプの構成図です．信号の流れとしては，まず初段のプリアンプ部で電圧信号を電流に変換します．次にこの電流信号をパワーアンプ側とグランド側に分流させて音量調節を行います．パワーアンプ側に流れる電流の割合が増えるほど，音量が大きくなります．この分流用ボリュームは，市販されている普通の2連ボリュームを使います．しかし接続方法は電圧分圧式とは異なって，プリアンプの出力をボリュームの摺動子に接続し，ボリュームの両端から分流電流を取り出します．パワーアンプ部では電流→電圧変換を行った後に電流増幅をしてスピーカー負荷を駆動できる電力を確保します．

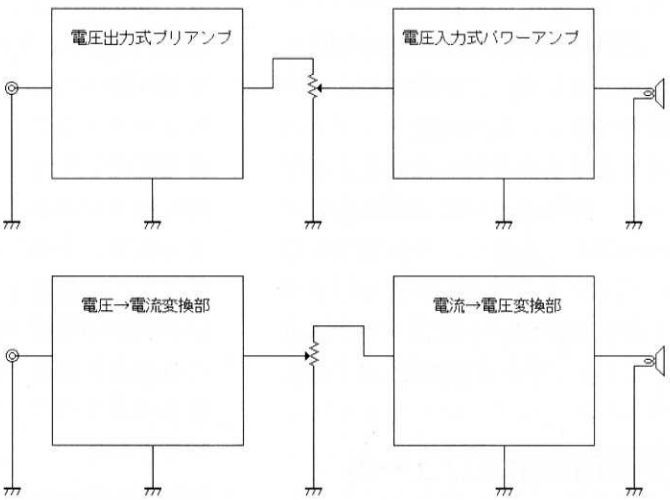
アンプをプリとパワーのセパレートアンプとして構成する場合は，電圧伝送式の方が使いやすいのですが，一体型のプリメインアンプとして作る場合は，電流伝送式にすることでボリュームによる周波数特性の劣化を低減させることができます．

電圧→電流変換回路

図3が本機の全回路図です．図中に破線で囲った【A】の部分が電圧→電流変換回路です．NチャンネルFETとPチャンネルFETをソース接地でドライブし，そのドレイン電流をカレントミラーで折り返してプッシュプル合成しています．電圧→電流変換の効率はソース抵抗（R_6）に局部電流帰還を掛けることで調整します．この回路にはオーバーオールの負帰還は掛かっていないため，歪率の点では不利ですが周波数特性は1MHzまではフラットな特性になります．

本機では電圧→電流変換の割合を，1Vの電圧を入力したときに，4mAの電流が取り出せるように設定しました．出力電流が小さすぎると，後段の電流→電圧変換で十分な出力電圧を得ることができません．逆に出力電流が大きすぎると，電流分流ボリュームでの電圧降下で，電圧が飽和してしまいます．

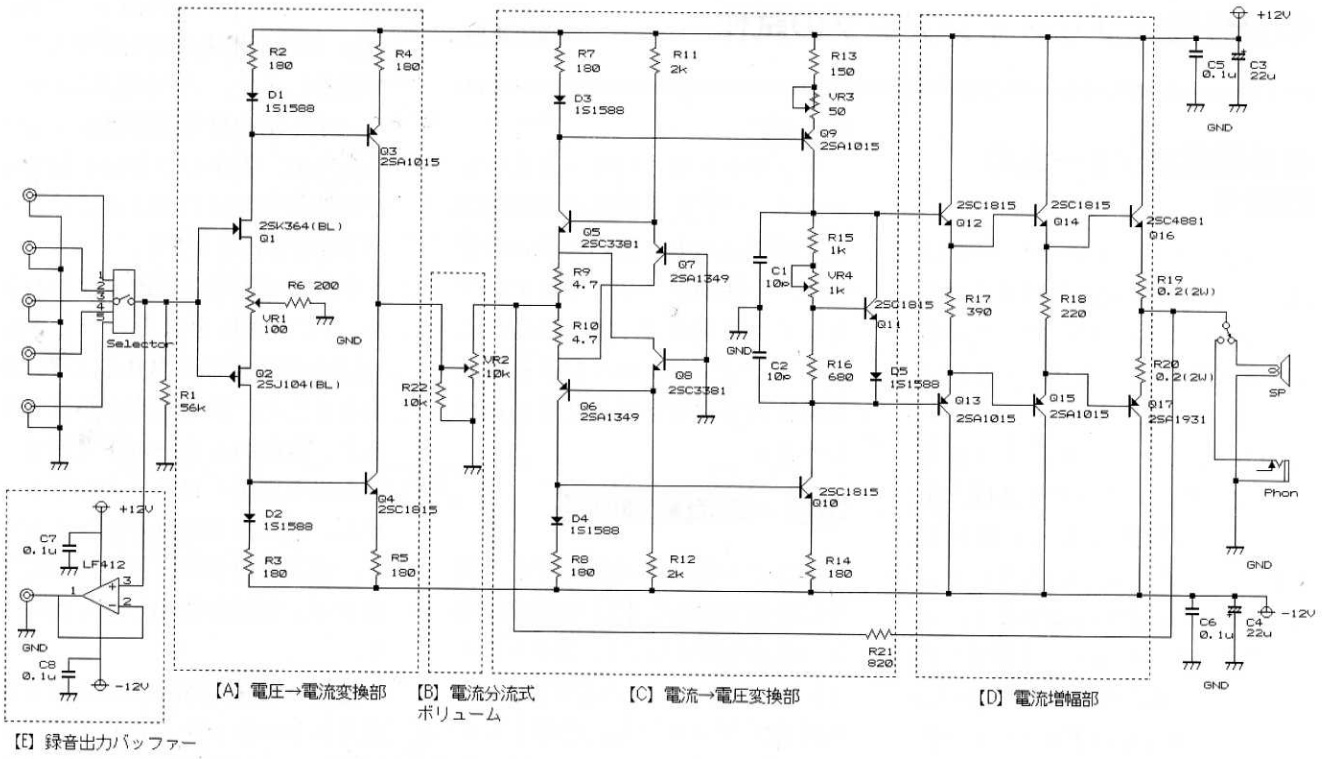
電圧→電流変換回路のDC特性をシミュレーションした結果を**図4**に示します．横軸が入力電圧で縦軸が出力電流です．入力電圧－



［図1］一般的なプリメインアンプの構成

［図2］本機の構成

コンパクトなアルミケースに組み込んだ本機



［図3］電流分流プリメインアンプの全回路図

1.2Vから＋1.2Vまでは出力電流がリニアに変化します．

FETは2SK364BLと2SJ104BLを使用しました．この段には入力容量が小さく，順方向アドミタンスが大きなものを使いたいところですが，市販品の中には選べるほど種類はありません．今回使用したFETは，入力容量は大きいほうですが，順方向アドミタンスが大きいため，このFETを使うことにしました．

音量調整用ボリューム

ここにはA型の2連ボリュームを使用します．できるだけ電圧降下を低く抑えたいため，2k～5kΩの抵抗値を使いたいところですが，市販品では10kΩ未満のボリュームは見つかりませんでした．結局，本機では東京光音電波の2CP601の10kΩを使用しました．他のメーカーの物と音質を比較したわけではありませんが，サイズが小さくて使いやすいのでこれに決めました．

問題はやはり抵抗値です．10kΩの場合は，5kΩと5kΩに分割されたときに並列抵抗が一番大きくなり，その値は2.5kΩになります．ここに4mAの電流が流れると10Vの電圧降下が起こります．本機はコンパクトなアンプを目指して電源電圧を12Vとしたため，10Vの電圧降下は無視できない大きさとなります．本機では電圧飽和の対策として，摺動子とグランドの間に10kΩの抵抗を並列に入れました．これにより最大の並列抵抗は2kΩになりますので，電圧飽和は回避できました．

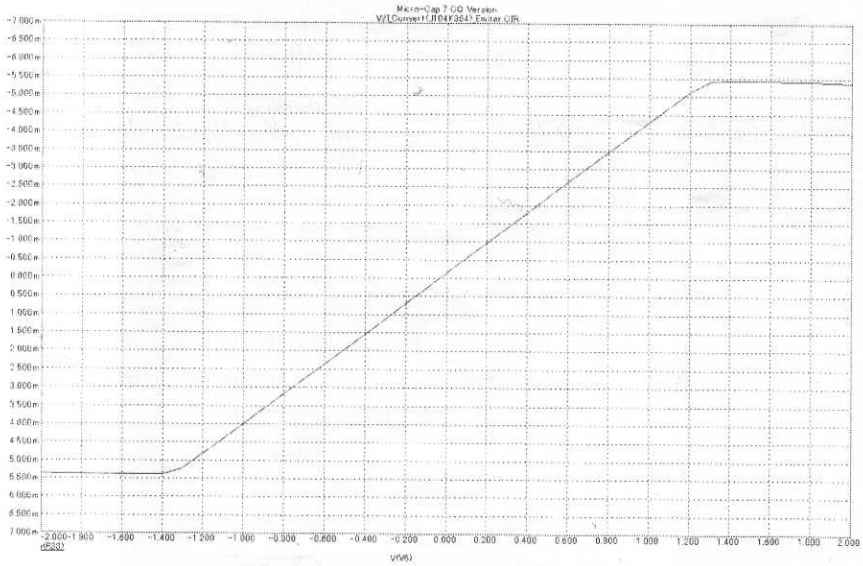
電流→電圧変換回路

図3の【C】の部分が電流→電圧変換回路です．半導体で回路を作った場合，電流→電圧変換にはいろいろな回路が考えられますが，本機ではQ_5，Q_6のベース接地回路で電流を取り込み，カレントミラーで折り返してプッシュプル合成する方式としました．ダイヤモンド回路の出力端子から電流を入力した形になっています．この部分はFETを使ったゲート接地回路でも同等の回路が作れますが，今回のアンプはトランジスターを使用しました．

電圧に変換された信号は，トランジスター3段ダーリントンで電流増幅して負荷を駆動します．本機の定格出力は1W程度です．このような低出力アンプの場合，3段ダーリントンを使う必要はないと思われますが，私は出力インピーダンスを小さくするために，低出力であっても3段構成にするようにしています．

使用するトランジスターは，アンプの出力電力が小さいために，許容損失の小さいものが使えます．本機では出力段には東芝製の2SA1931／2SC4881を使用しました．これはメーカーの資料によるとスイッチング用となっていますが，特性図を見るとコレクター電流1Aまではh_{FE}の直線性も良く，周波数特性も良いのでオーディオ用としてもちょうどよいトランジスターです．

その他のトランジスターは2SA1015／2SC1815を多用しています．このトランジスターはオー



［図4］入力電圧対出力電流特性のシミュレーション

コンパクトなケースにもかかわらず豊富な入力端子を備える

できるようにしました．パワーアンプでもヘッドフォンがつながると高域の音質チェックやノイズチェックに役立ちます．

ヒアリングの感想

本機を製作してから1年近くになります．この間毎日のように使っていますが，いまだに飽きが来ない音質です．

出力段がトランジスターで回路方式が電流帰還であるためか，音質はシャープで切れ味がある傾向です．テンポの良いポップスを聴くには最適なアンプです．低音は引き締まっていて軽快です．地を這うような低音という傾向ではなく，瞬間的にエネルギーが爆発して瞬間的に消える感じで，サッパリとした後味の良い低音です．オーケストラを聴いたときは低音から高音までのバランスがよく，音場の見通しもよいです．高域は天井まで伸びるように透き通っていて艶があります．周波数特性が高域までフラットで位相遅れが少ないことが音質に現れているようです．

このアンプはこれからも使い続けていくことになりますが，次のアンプは本機で妥協した部分を改善して，もう少し本格的なアンプを作ってみたいと思っています．

（東京都あきる野市）

シミュレーションと測定で完全製作！

高品位スピーカーシステム

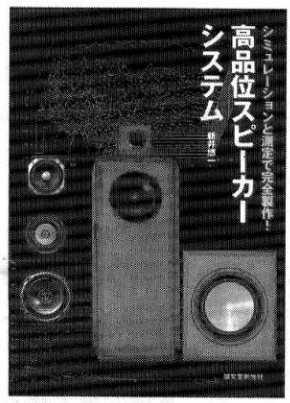
新井悠一 著

好評発売中

本誌『MJ無線と実験』に掲載されたスピーカーエンクロージャーの設計，シミュレーション，製作の記事を大幅に増補・改稿した決定版．実例に基づいた解説で，設計から完成までのすべてがわかる．

誠文堂新光社　販売部
TEL03-5800-5780 FAX03-5800-5781
http://www.seibundo-shinkosha.net/

第1章　ドライバーとTSパラメーター
スピーカードライブの構造／TSパラメーターとは／TSパラメーターの測定
第2章　スピーカーエンクロージャーの設計
WinSpeakerz，ISD Online，WinISD，spism，SoundEasyを使用した設計の実際
第3章　オーディオ特性
CLIO，TrueRTA，SoundEasy，MySpeakerを使用した物理特性の測定
第4章　スピーカーシステムの製作例
12cmフルレンジ，2ウエイシステム，サブウーファー，同軸2ウエイなど5機種の製作
第5章　スピーカーシステム設計の関連技術
クロスオーバーフィルターの設計／ドライバーのエッジ貼り替え法／スピーカーの設置環境による特性の変化／ホーンスピーカーの設計とシミュレーション



B5判　242頁
定価¥2940（本体¥2800）